应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2018, 55(3): 497−502. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2018.063

山楂叶螨对螺螨酯的抗药性及对七种杀螨剂的交互抗性*

封云涛[1, 2**] 郭晓君[1, 2] 庾 琴[1, 2] 张润祥[1, 2] 张 苗[1] 史高川[3] 范仁俊[1, 2***]

（1. 山西省农业科学院植物保护研究所，太原 030031；2. 农业有害生物综合治理山西省重点实验室，太原 030031；3. 山西省农业科学院棉花研究所，运城 044000）

摘 要 **【目的】** 筛选山楂叶螨 *Amphitetranychus viennensis* Zacher 对螺螨酯的抗药性，并明确其对 7 种杀螨剂的交互抗性。**【方法】** 采用室内生物测定的方法，研究山楂叶螨对螺螨酯的抗性发展趋势及其交互抗性。**【结果】** 用螺螨酯筛选山楂叶螨 21 代，抗性上升 11.65 倍；抗性品系对乙螨唑存在明显的交互抗性，抗性倍数为 6.30；对噻螨酮存在负交互抗性，抗性倍数为 0.69；对阿维菌素、炔螨特和三唑锡不存在交互抗性，抗性倍数分别为 1.15、1.25、1.78；对哒螨灵和联苯肼酯有产生交互抗性的可能，抗性倍数分别为 3.46 和 2.79。**【结论】** 螺螨酯防治山楂叶螨存在抗性风险，抗螺螨酯的山楂叶螨品系会产生交互抗性，上述结果可为果园科学使用螺螨酯和合理轮换用药提供理论依据。

关键词 山楂叶螨，螺螨酯，抗性选育，交互抗性

Selection of *Amphitetranychus viennensis* for resistance to spirodiclofen and cross-resistance to seven other acaricides

FENG Yun-Tao[1, 2**] GUO Xiao-Jun[1, 2] YU Qin[1, 2] ZHANG Run-Xiang[1, 2]
ZHANG Miao[1] SHI Gao-Chuan[3] FAN Ren-Jun[1, 2***]

(1. Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China;
2. Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Taiyuan 030031, China;
3. Institute of Cotton Research, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China)

Abstract **[Objectives]** To assess the development of resistance, and cross-resistance, in *Amphitetranychus viennensis* Zacher to seven acaricides. **[Methods]** Resistance was evaluated using biological assays conducted in a laboratory. [**Results**] After selection for spirodiclofen resistance over 21 generations, the resistant strain had 11.65-fold resistance to that acaricide, 6.30-fold low level cross-resistance to etoxazole and 0.69-fold negative resistance to hexythiazox. Cross-resistance to abamectin, propargite and azocyclotin was 1.15, 1.25 and 1.78-fold, respectively, whereas resistance to pyridaben and bifenazate was 3.46 and 2.79-fold, respectively. [**Conclusion**] *A. viennensis* has the capacity to develop resistance to spirodiclofen, and cross-resistance to some other acaricides. These results provide a theoretical basis for the rational rotation of pesticides in apple orchards.

Key words *Amphitetranychus viennensis* Zacher, spirodiclofen, insecticide-resistance selection, cross-resistance

山楂叶螨 *Amphitetranychus viennensis* Zacher 是我国落叶果树上普遍发生的重要害螨（冯明祥，1986），以各种活动螨态群集于叶片背面吸食汁液，危害严重时常引起叶片提早脱落，甚至引起二次发芽、二次开花，不仅使当年果品产量大幅度降低，而且严重削弱树势，对以后几年的

*资助项目 Supported projects：山西省农业科学院农业科技创新研究课题（ZDSYS1508）

**第一作者 First author，E-mail：fyt52@126.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：rjfan@163.com

收稿日期 Received：2017-03-15，接受日期 Accepted：2017-11-15

产量也有较大影响（李定绪等，2010）。该螨繁殖速度快，发生代数多，生产上以化学杀螨剂防治为主，致使早在 20 世纪 60-80 年代就对内吸磷和对硫磷等多种药剂产生了抗药性（张昌辉和曹子刚，1966；刘芹轩，1966；冯明祥等，1988），近年有报道其对多种类型的杀虫、杀螨剂产生了抗药性（刘慧平，2005；王洪涛等，2012；彭丽娟等，2015；封云涛等，2016），抗药性的产生加大了防治难度。

螺螨酯（Spirodiclofen）是拜耳作物科学公司研制并开发的第 1 个螺环季酮酸类杀螨剂，其杀螨机制完全不同于现有的各种杀螨剂，它是通过阻止乙酰辅酶 A 羧化酶的作用进而抑制害螨的脂肪合成，阻断能量代谢而达到杀死害螨的目的（Nauen，2005），主要用于柑橘、梨果、核果、葡萄和坚果上的害螨防治（李新等，2011）。目前该杀螨剂在我国广大苹果产区并未广泛应用，但是任何新型农药的使用都不可避免的存在抗药性隐患，为了解抗性发展动态，延长螺螨酯的使用寿命，本研究在室内开展了山楂叶螨对螺螨酯的抗性选育，并测定了螺螨酯抗性品系对 7 种杀螨剂的交互抗性，以期为山楂叶螨对螺螨酯的抗性机理研究以及合理轮换用药提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试害螨 敏感品系（S）：于 2013 年 6 月采自山东省果树研究所苹果树上，之后在室内用八棱海棠的叶片和嫩枝继代饲养至今，期间未接触过药剂。抗性品系（R）：敏感品系在室内饲养至 2015 年 4 月，从中分出部分群体，在室内经螺螨酯处理选育而成，每代进行 1 次室内毒力测定，F_n 代表筛选第 *n* 代的试虫。

1.1.2 供试药剂 240 g/L 螺螨酯悬浮剂（Spirodiclofen，拜耳作物科学（中国）有限公司），90.0%炔螨特（Propargite，湖北仙隆化工股份有限公司），96.9%哒螨灵（Pyridaben，山东联合化工股份有限公司），98.3%噻螨酮（Hexythiazox，江苏常隆化工有限公司），96.4%三唑锡（Azocyclotin，浙江华兴化学农药有限公司），96.2%阿维菌素（Abamectin，河北威远化工有限公司，43%联苯肼酯悬浮剂（Bifenazate，麦德梅农业解决方案有限公司），110 g/L 乙螨唑悬浮剂（Etoxazole，日本住友化学株式会社）。

1.2 试验方法

1.2.1 山楂叶螨饲养方法 将山楂叶螨放入水隔离饲养台上的海棠叶片上，再放入人工气候箱中内，在温度（25±1）℃，相对湿度 65%-85%，光周期 L∶D=16∶8 条件下进行培养，繁殖到一定数量后，将山楂叶螨接到盆栽海棠苗上进行扩繁。扩繁群体分为两部分，一部分不施用任何药剂作为敏感品系（S），另一部分用螺螨酯选育成为抗性品系（R）。

1.2.2 抗性选育及生物测定方法 抗性选育：对山楂叶螨敏感品系幼螨进行毒力测定，以杀死品系 30%-70%的剂量进行汰选。用手动塑料喷壶向无虫干净（未受任何化学杀虫剂污染）的海棠苗上喷洒药剂，之后每隔 30-35 d 用手动塑料喷壶将相同浓度药液均匀喷洒于已有虫的海棠苗上。每代进行生测并比较抗性增长倍数，每次生测与汰选时间至少间隔一周，待抗性稳定增长后根据上一代毒力测定结果逐渐提高汰选浓度，若因选择压力较大品系数量较少时，则间隔一代用药，使品系保持较大数量。

生物测定方法：参照联合国粮农组织推荐的叶片残毒法（FAO，1980），略有改进。从未用过任何药剂的海棠树上采摘成熟叶片，将叶片剪成 2 cm×2 cm 的小方块，叶面朝下，放置于水隔离饲养台上。挑取雌成螨放置于叶片上，每块叶片上 25 头，任其产卵 6-8 h 后去除成螨。镜下检查记录卵数，每一处理重复 4 次，卵数在 100 粒以上，待 5-6 d 后卵基本孵化为幼螨时，进行药剂处理，以清水处理为对照，将接螨叶片在药液中浸渍 5 s 后，取出阴干后叶面朝下放到水隔离饲养台上，重新检查记录幼螨数，以此次记录作为供试螨基数。以后每天调查 1 次幼螨的死亡情况，当对照组幼螨全部发育至成螨时，统计各处理的死亡率。

1.2.3　交互抗性及生物测定方法　用 7 种杀螨剂对山楂叶螨敏感和抗性品系进行毒力测定。联苯肼酯和乙螨唑采用叶片残毒法测定，叶片残毒法同 1.2.2。阿维菌素、哒螨灵、炔螨特、三唑锡、噻螨酮采用玻片浸渍法（Slide-dip method）（FAO，1980）测定：将双面胶带剪成 2-3 cm 长，贴在载玻片的一端，用镊子揭去双面胶带上的纸片，用零号毛笔挑选大小一致、体色鲜艳、行动活泼的雌成螨，将其背部粘在双面胶带上，不要粘住螨足、须肢和口器，每片胶带粘 2-3 行，每行大约粘 15-20 头叶螨。在温度为（26±1）℃、光周期 L∶D=16∶8、相对湿度 60%的光照培养箱中放置 4 h 后，用 Olympus 双目解剖镜观察，严格剔除死亡或不太活泼以及体位不合适的叶螨个体。各药剂在预备试验的基础上稀释 5-7 个浓度，将带螨玻片的一端浸入药液中，轻轻摇动 5 s 后取出，迅速用吸水纸吸干螨体及其周围多余的药液。铺一层湿润纱布在白色瓷盘内，浸过药液的玻片放置于大瓷盘内，在瓷缸上面再覆盖一层湿润纱布以达到保湿的效果。以带螨玻片浸渍清水作为对照，每个处理重复 3-4 次。24 h 后用解剖镜检查结果，分别记录存活和死亡的叶螨数量。用毛笔轻触螨体，以螨足不动者为死亡，对照处理死亡率在 10%以下为有效试验。

1.2.4　数据处理　采用 Probit 几率值分析法分别求出山楂叶螨敏感和抗性品系的毒力方程、致死中浓度 LC_{50} 及 95%置信限，求出抗性倍数（Resistance ratio，RR）。抗性倍数=抗性品系 LC_{50}/敏感品系 LC_{50}。RR<1 表示负交互抗性，1<RR<5 表示无交互抗性或无抗性，RR>5 表示有交互抗性或有抗性（沈晋良等，1991）。

2　结果与分析

2.1　山楂叶螨对螺螨酯的抗性选育

螺螨酯对山楂叶螨抗性选育结果表明（表 1）：用螺螨酯对山楂叶螨敏感品系处理 21 代后，山楂叶螨幼螨对螺螨酯已经产生抗药性，其 LC_{50} 值由汰选前的 0.204 mg/L 上升为 2.376 mg/L，抗性倍数达到 11.65。

在抗性选育过程中，从 F_0-F_{14} 代，LC_{50} 值由 0.204 mg/L 上升到 0.881 mg/L，抗性倍数缓慢上升至 4.32；之后，LC_{50} 值开始平稳上升，并开始出现明显抗性，从 F_{16} 代开始，LC_{50} 值由 1.210 mg/L 上升至 2.376 mg/L，抗性倍数由 F_{16} 代的 5.93 上升为 F_{21} 代的 11.65。从毒力回归方程的斜率 *b* 值来看，从 F_0-F_{12} 代，*b* 值由 2.49 逐渐下降至 1.34，抗性指数缓慢上升为 3.79，表明汰选品系

表 1　螺螨酯对山楂叶螨的抗性汰选结果

Table 1　Result of resistance selection of *Amphitetranychus viennensis* to spirodiclofen

汰选代数 Selected generation	毒力回归方程 Regression equation	致死中浓度（mg/L）（95%置信限）LC_{50} 95%CL	卡方 Chi-square	抗性倍数 Resistance ratio (RR)
F_0	y=2.49x+6.71	0.204(0.168-0.249)	4.589	1.00
F_2	y=2.07x+6.23	0.254(0.212-0.304)	7.187	1.25
F_8	y=1.33x+5.50	0.420(0.321-0.547)	2.074	2.06
F_{12}	y=1.34x+5.14	0.775(0.594-1.012)	1.371	3.79
F_{14}	y=2.02x+5.11	0.881(0.699-1.110)	3.435	4.32
F_{16}	y=2.04x+4.83	1.210(0.995-1.467)	1.056	5.93
F_{17}	y=2.08x+4.71	1.374(1.097-1.721)	8.462	6.74
F_{18}	y=2.22x+4.61	1.506(1.256-1.804)	1.374	7.41
F_{19}	y=1.74x+4.62	1.646(1.327-2.042)	7.793	8.07
F_{20}	y=1.61x+4.48	2.092(1.654-2.647)	5.445	10.25
F_{21}	y =1.49x+4.44	2.376(1.837-3.072)	6.968	11.65

内部存在异质性，该阶段品系内部慢慢出现抗性杂合子；之后 *b* 值呈现增大趋势，由 F_{12} 代的 1.34 上升至 F_{18} 代的 2.22，表明此阶段品系中抗性杂合子比 F_{12} 代时大大增加，并且抗性倍数从 3.79 升至 7.41；从 F_{19} 代开始，*b* 值又呈现下降的趋势，由 F_{19} 代的 1.74 下降为 F_{21} 代的 1.49，抗性倍数从 8.07 上升到 11.65，表明品系内部出现了抗性纯合子，抗性品系已经形成。整个抗性选育过程（图 1）中，汰选初期，抗性发展非常缓慢，抗性品系恢复也极为缓慢，待出现明显抗性后，抗性发展速度逐渐加快，如果继续筛选，抗性还会继续上升。

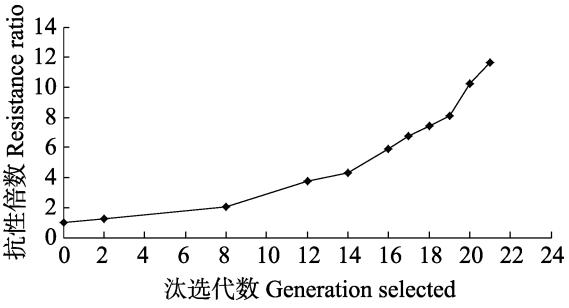


图 **1** 山楂叶螨对螺螨酯抗性的发展

Fig. 1 The dynamics of spirodiclofen resistance in *Amphitetranychus viennensis*

2.2 山楂叶螨抗螺螨酯品系对 7 种杀螨剂的交互抗性

对 7 种杀螨剂交互抗性测定结果表明（表 2）：阿维菌素、炔螨特和三唑锡对两品系成螨抗性倍数分别为 1.15、1.25、1.78，与螺螨酯不存在交互抗性，因此它们可以在生产中与螺螨酯交替轮换使用；哒螨灵和联苯肼酯对两品系抗性倍数分别达到 3.46、2.79，其 LC_{50} 值的 95%置信限均没有交叉，达到了显著水平，因此有产生交互抗性的可能；噻螨酮则存在负交互抗性，抗性指数为 0.69；乙螨唑存在明显的交互抗性，抗性指数为 6.30。

3 讨论

螺螨酯的主要作用机理是通过阻止乙酰辅酶 A 羧化酶的作用进而抑制害螨的脂肪合成，阻断能量代谢而达到杀死害螨的目的（Nauen，2005），由于其独特的作用机理，特别适合于防治对现有杀螨剂产生抗性的害螨。但是，任何杀螨剂长期使用都不可避免的产生抗药性。目前国内外田间均已有害螨对螺螨酯产生抗性的报道，

表 **2** 山楂叶螨抗螺螨酯品系对 7 种杀螨剂交互抗性测定

Table 2 Cross resistance of spirodiclofen-selected *Amphitetranychus viennensis* to other seven acaricides

杀螨剂 Acaricide	品系 Strain	斜率 Slope（±SE）	致死中浓度（$mg·L^{-1}$）（95%置信限）LC_{50} 95%CL	卡方 Chi-square	抗性倍数 Resistance ratio (RR)
阿维菌素 Abamectin	S	1.38(±0.0821)	0.075(0.061-0.092)	5.163	1.15
	R	1.43(±0.118)	0.086(0.067-0.112)	3.245	
哒螨灵 Pyridaben	S	1.77(±0.136)	0.281(0.229-0.349)	7.712	3.46
	R	1.52(±0.103)	0.972(0.786-1.202)	3.610	
炔螨特 Propargite	S	1.79(±0.126)	24.900(14.590-42.790)	5.289	1.25
	R	1.54(±0.121)	31.110(24.560-39.420)	1.065	
三唑锡 Azocyclotin	S	1.86(±0.139)	42.970(34.430-53.640)	7.363	1.78
	R	1.92(±0.136)	76.360(62.410-93.430)	7.896	
噻螨酮 Hexythiazox	S	1.62(±0.123)	26.030(20.720-32.690)	5.538	0.69
	R	1.51(±0.121)	17.980(14.110-22.930)	0.773	
联苯肼酯 Bifenazate	S	3.12(±0.226)	0.030(0.026-0.035)	2.476	2.79
	R	1.53(±0.133)	0.084(0.066-0.106)	3.149	
乙螨唑 Etoxazole	S	2.01(±0.161)	0.002(0.001-0.003)	3.979	6.30
	R	1.67(±0.126)	0.015(0.012– 0.019)	1.883	

如：2009 年采自福建福州等地的柑橘全爪螨品系对螺螨酯产生了 50 倍以上的抗性（Hu *et al.*，2010），2013 年江苏赣南品系也对螺螨酯产生了 10-40 倍抗性（石绪根等，2014）；Kramer 和 Nauen（2011）报道采自欧洲各地的苹果全爪螨品系对螺螨酯产生了中等水平抗性，但是目前田间尚未有山楂叶螨对其产生抗性的报道。在室内选育方面，李忠洲等（2013）用螺螨酯对二斑叶螨进行了 35 代抗性选育，幼螨对螺螨酯产生了 8.34 倍抗性；张志刚等（2011）则是用螺螨酯对二斑叶螨汰选了 26 代，得到了 58.83 倍的抗性；Yu 等（2011）报道对柑橘全爪螨品系连续 42 代抗性汰选后，获得了 103 倍的高抗品系；张永强等（2011）报道在 70%死亡率选择压下，朱砂叶螨筛选至 14 代，抗性达 18.88 倍；因此，由于螨种类和汰选时选择压力的不同，各种螨的不同螨态对螺螨酯抗性发展速度均不同。本试验中用螺螨酯对山楂叶螨敏感品系处理 21 代后，山楂叶螨幼螨对螺螨酯产生了 11.65 倍的抗药性，抗性发展速度总体较慢。

螺螨酯由于作用机制新颖，一直被认为与其他类杀螨剂基本不存在交互抗性。同种类杀螨剂方面，Yu 等（2011）在室内筛选的柑橘全爪螨抗性品系、Kramer 和 Nauen（2011）筛选的苹果全爪螨抗性品系均对同属季酮酸类杀螨剂的螺虫乙酯产生了交互抗性；其他种类杀螨剂方面，张志刚等（2011）报道二斑叶螨抗螺螨酯品系对阿维菌素、三唑锡、哒螨灵等没有交互抗性，但对甲氰菊酯和氯氰菊酯有交互抗性，对毒死蜱、噻螨酮、唑螨酯等存在负交互抗性；本研究中，抗螺螨酯的山楂叶螨对阿维菌素、炔螨特、三唑锡不存在交互抗性，对哒螨灵和联苯肼酯有产生交互抗性的可能，对噻螨酮存在负交互抗性，对乙螨唑存在明显的交互抗性，与上述报道的结果部分一致，而对乙螨唑产生交互抗性的原因还有待于进一步研究。

目前，新型杀螨剂的研发速度远远滞后于多数品种的淘汰速度，并且研发周期长、成本高，因此保护现有品种，延长其使用寿命，对于害螨的防治和降低成本具有非常重要的意义。

参考文献 (References)

FAO, 1980. FAO revised method for spider mites and their eggs (e.g. *Tetranychus* spp. and *Panonychus ulmi* Koch). *FAO Plant Production and Protection*, (21): 49–54.

Feng MX, 1986. The howthorn spider mite (Acari: Tetranychidae) appeared in the field and its natural control of predators. *Journal of Fruit Science*, (2): 35–38. [冯明祥, 1986. 山楂叶螨的发生与天敌的自然控制. 果树科学, (2): 35–38.]

Feng MX, Pang SS, 1988. Preliminary report on the resistance of hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) to dicofo1. *Entomological Knowledge*, 25(4): 215–216. [冯明祥, 逄树森, 1988. 山楂叶螨对三氯杀螨醇抗性研究初报. 昆虫知识, 25(4): 215–216.]

Feng YT, Guo XJ, Liu ZF, Zhang RX, Yu Q, Shi GC, Fan RJ, 2016. Resistance of *Amphitetranychus viennensis* Zacher to five insecticides in apple orchards in Shanxi Province. *Plant Protection*, 42(6): 187–190. [封云涛, 郭晓君, 刘中芳, 张润祥, 庾琴, 史高川, 范仁俊, 2016. 山西省苹果园山楂叶螨对 5 种杀虫剂抗药性监测. 植物保护, 42(6): 187–190.]

Hu JF, Wang C, Wang J, You Y, Chen F, 2010. Motoring of resistance to spirodiclofen and five other acaricides in *Panonychus citri* collected from Chinese citrus orchards. *Pest Management Science*, 66(9): 1025–1030.

Kramer T, Nauen R, 2011. Motoring of spirodiclofen susceptibility in field population of european red mites, *Panonychus ulmi* (Koch)(Acari:Tetranychidae), and the cross-resistance pattern of a laboratory-selected strain. *Pest Management Science*, 67(10): 1285–1293.

Li DX, Zhang XN, Yang YL, Zhu HW, 2010. Effects of high temperature shocks on hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher). *Acta Ecologica Sinica*, 30(16): 4437–4444. [李定旭,张晓宁, 杨玉玲, 朱华伟, 2010. 高温冲击对山楂叶螨的影响.生态学报, 30(16): 4437–4444.]

Liu HP, 2005. Resistance dynamic and mechanism of *Tetranychus viennensisi* Zacher and *Aphis citrcola* Von Der Goot to insecticides. Doctoral dissertation. Taigu: Shanxi Agricultural University. [刘慧平, 2005. 山楂叶螨和苹果黄蚜抗药性动态及抗性机理研究. 博士毕业论文. 太谷: 山西农业大学.]

Liu QX, 1966. Studies on the resistance of hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) to Systox. *Acta Entomologica Sinica*, 15(2): 114–119. [刘芹轩, 1966. 山楂红蜘蛛对内吸磷的抗性研究. 昆虫学报, 15(2): 114–119.]

Li X, Yan QX, Zhao P, Zhang MH, Liu SW, 2011. Market situation

and biological activity of spirodiclofen. *Agrochemicals*, 50(9): 680–682. [李新, 严秋旭, 赵平, 张敏恒, 刘少武, 2011. 螺螨酯的市场概况及生物活性. 农药, 50(9): 680–682.]

Li ZZ, Zhou YS, Piao JZ, Tian RH, Gao P, 2013. Determination of selection for resistance to spirodiclofen and its effect on detoxification enzymes in *Tetranychus urticae*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 454–459. [李忠洲, 周玉书, 朴静子, 田如海, 高萍, 2013. 二斑叶螨对螺螨酯的抗性选育及其解毒酶活性测定. 应用昆虫学报, 50(2): 454–459.]

Nauen R, 2005. Spirodiclofen: Mode of action and resistance in Tetranychid pest mites. *Pesticide Science of Japan*, 30(3): 272–274.

Peng LJ, Zuo YY, Duan XL, Chen MH, 2015. Resistance of *Tetranychus viennensis* to insecticides in apple orchards in Shanxi Province. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(5): 1174–1180. [彭丽娟, 左亚运, 段辛乐, 陈茂华, 2015. 陕西苹果园山楂叶螨抗药性监测. 应用昆虫学报, 52(5): 1174–1180.]

Shen JL, Tan JG, Xiao B, Tan FJ, You ZP, 1991. Monitoring and prediction of resistance of *Helicoverpa armigera* to pyrethroid insecticides in China. *Entomological Knowledge*, 28(6): 337–340. [沈晋良, 谭建国, 肖斌, 谭福杰, 尤子平, 1991. 我国棉铃虫对拟除虫菊酯类农药的抗性监测及预报. 昆虫知识, 28(6): 337–340.]

Shi XG, Li J, Zhang JL, Zheng XX, Xiong JM, 2014. Progress of spirodiclofen against three kinds of mite. *Biology Disaster Science*, 37(3): 211–214. [石绪根, 李娟, 张纪利, 郑贤贤, 熊件妹, 2014. 三种害螨对螺螨酯的抗药性研究进展. 生物灾害科学, 37(3): 211–214.]

Wang HT, Wang PS, Si SD, Luan BH, Wang YZ, 2012. Resistance monitoring of different *Panonychus ulmi* populations to four acaricides in Shandong Province. *Journal of Fruit Science*, 29(6): 1083–1087. [王洪涛, 王培松, 司树鼎, 栾炳辉, 王英姿, 2012. 山东地区不同苹果全爪螨品系对 4 种杀螨剂的抗药性检测. 果树学报, 29(6): 1083–1087.]

Zhang CH, Cao ZG, 1966. Studies on the hawthorn spider mite (*Tetranychus viennensis* Zacher) I. measurement of the resistance to organophosphorus acaricides. *Acta Entomologica Sinica*, 15(3): 217–226. [张昌辉, 曹子刚, 1966. 山楂红蜘蛛防治研究Ⅰ. 对有机磷杀螨剂的抗药性测定. 昆虫学报, 15(3): 217–226.]

Yu DY, Wang CF, Yu Y, Huang YQ, Yao JA, Hu JF, 2011. Laboratory selection for spirodiclofen resistance and cross-resistance in *Panonychus citri*. *African Journal of Biotechnology*, 10(17): 3424–3429.

Zhang YQ, Ding W, Wang DZ, 2011. The resistance evaluation of *Tetranychus cinnabarinus* against natural acaricidal compound scopoletin. *Agrochemicals*, 50(3): 226–228. [张永强, 丁伟, 王丁祯, 2011. 朱砂叶螨对天然杀螨活性物质东莨菪内酯的抗性评价. 农药, 50(3): 226–228.]

Zhang ZG, Shen HM, Duan XL, Yang SY, Gao XJ, 2011. Selection for insecticides resistance of *Tetranychus urticae* to spirodiclofen and its cross-resistance to eighteen common acaricides. *Plant Protection*, 37(1): 82–85. [张志刚, 沈慧敏, 段辛乐, 杨顺义, 高新菊, 2011. 二斑叶螨对螺螨酯的抗药性及对 18 种杀螨剂的交互抗性. 植物保护, 37(1): 82–85.]